

OSPF – Open Shortest Path First



- Fundamentos
- Áreas
- Comunicação entre routers OSPF
- Vizinhos, Adjacências e *Designated Routers*
- Bases de dados de LSA: Sincronização e *Flooding*
- Rotas intra-área
- Rotas inter-área
- Rotas inter-AS
- Exemplos: rotas intra-área
- Exemplos: rotas inter-área

Exemplos - LSA



- *Routers* – Router LSA (tipo 1) [RL]

Enviados por todos os *routers*.

- *Designated routers* – Network LSA (tipo 2) [NL]

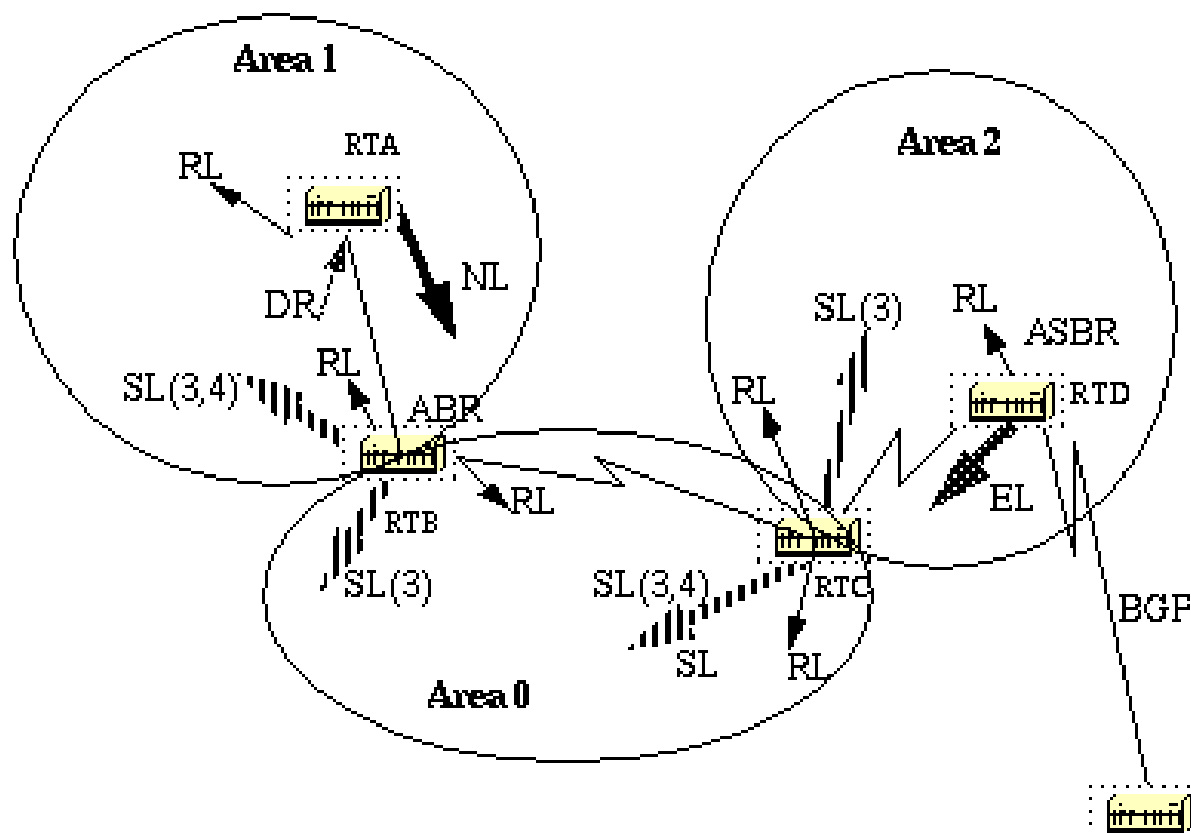
Enviado por todos os DR.

- ABR – Summary LSA (tipo 3 e 4) [SL3,4]

Os tipo 3 são enviados pelos ABR para descreverem cada uma das suas áreas às outras suas áreas.

O tipo 4 indica a localização dos ASBR noutras áreas.

- ASBR – AS-summary LSA (tipo 5) [EL]
- Enviado pelos ASBR



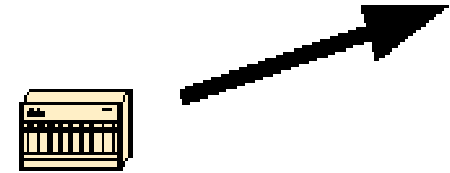
LSA intra-Área



- **Type 1 - Router LSA**

- Gerado por todos os *routers*
- Descreve as interfaces do router para a área
 - tipo, endereço, máscara, custos
- Propagado apenas dentro da área
- Entra para o algoritmo SPF (Dijkstra)

Router Links



- **Type 2 - Network LSA**

- Gerado pelo DR numa rede *Multiple Access*
- Descreve os *routers* da rede e máscara que estão ligados à rede (segmento) em particular
- Propagado apenas dentro da área
- Entra para o algoritmo SPF (Dijkstra)

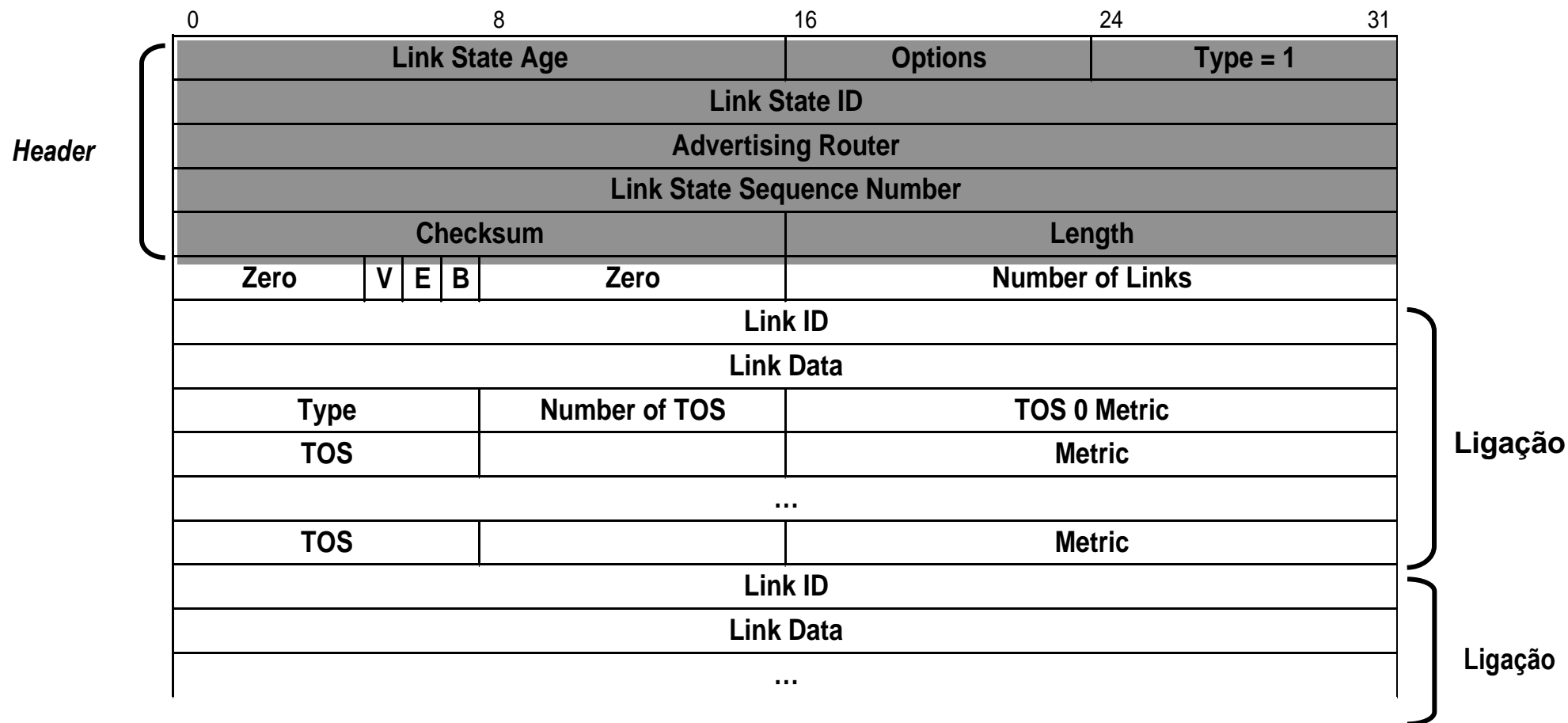
Network Links



LSA intra-Área: *Router-LSA* (1)



Descreve as interfaces do *router* para a área a que este está ligado



LSA intra-Área: *Router-LSA* (2)



Link State ID – *Router ID* do router que envia o LSA

Flags - Características do router

V (*virtual link*) - o router possui pelo menos uma ligação virtual

E (*external*) - o router é ASBR - possui pelo menos uma ligação a outro AS

B (*border*) - o router é ABR - possui pelo menos uma ligação a outra área

Number of Links - Número de ligações descritas no LSA

Type	Link ID	Link Data
1 - ponto-a-ponto numerada	<i>Router ID</i> do router vizinho	IP da interface de acesso do router vizinho
2 - rede de trânsito	Endereço IP da interface do DR	IP da interface de acesso ao segmento
3 - rede “ <i>stub</i> ”	Endereço IP da rede	Máscara de rede
4 - ligação virtual	<i>Router ID</i> do router vizinho	IP da interface de acesso ao router vizinho
5 - ponto-a-ponto não numerada	<i>Router ID</i> do router vizinho	ifIndex (MIB II)

Number of TOS - Número de custos de um *link*, associado a TOS específicos

TOS 0 Metric - Custo normal (sem nenhum TOS especificado)

TOS e *Metric* são a indicação de um TOS e custo associado

LSA intra-Área: Network-LSA

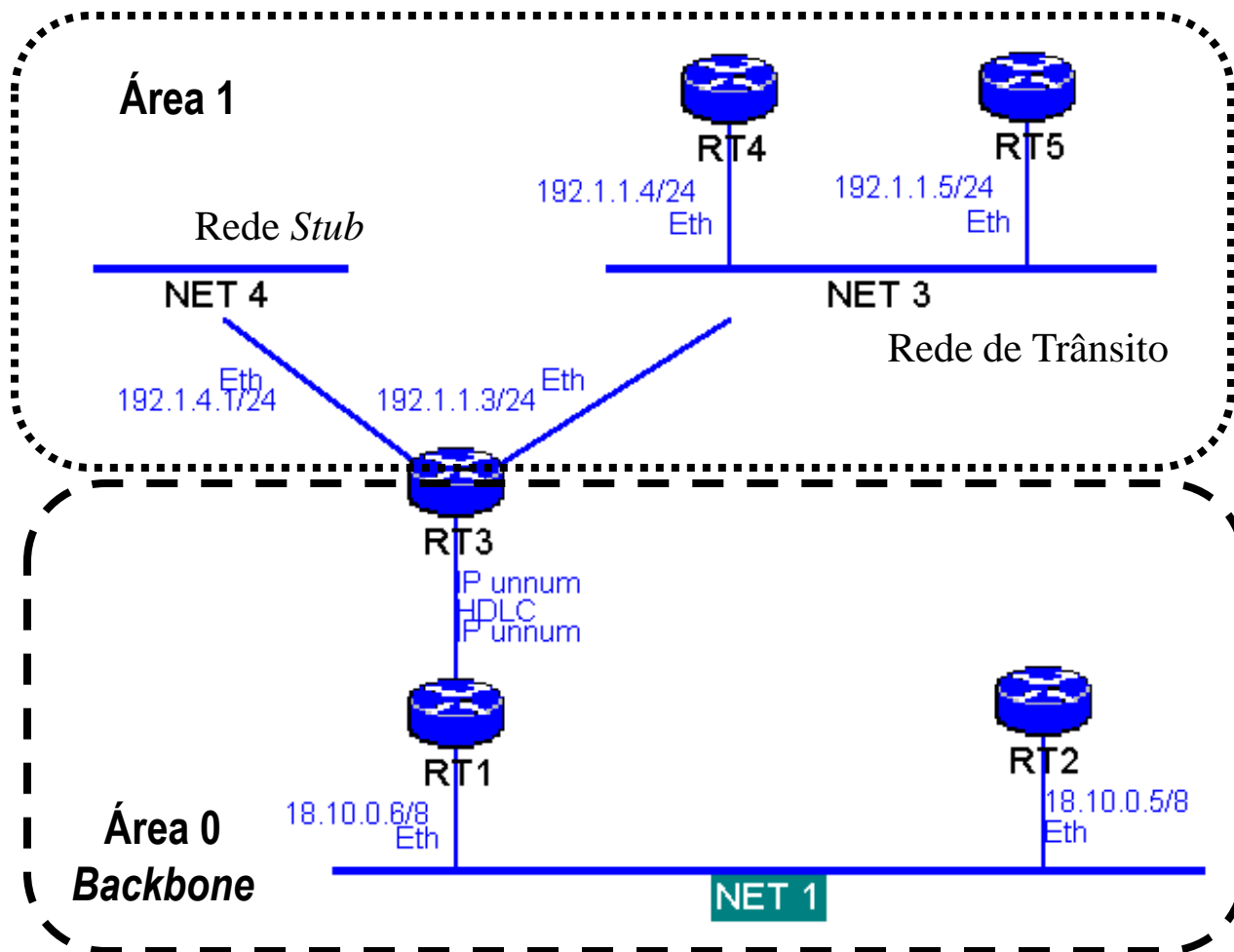


- Utilizado pelos DR para descrever redes BMA e NBMA: *Routers* e máscara de rede

0	8	16	24	31
Link State Age		Options	Type = 2	
Link State ID				
Advertising Router				
Link State Sequence Number				
Checksum		Length		
Network Mask				
Attached Router 1				
Attached Router 2				
...				
Attached Router N				

- Link State ID** - Endereço da interface no segmento do próprio *Designated Router*
- Network Mask** - Máscara de rede para o endereço de rede destino anunciado
- Attached Router** - Lista dos *router ID* de todos os *routers* da rede comum

LSA intra-Área: Exemplo (1)



- **RT3**
 - Área 0
 - R L - 1 link
 - SL3 - 2 net
 - Área 1
 - R L - 2 link
 - SL 3 - 1 net
- **RT4 (DR de Net 3)**
 - Área 1
 - R L - 1 link
 - NL - 3 R
- Não há summary-LSA tipo 4 nem tipo 5 dado não haver ASBR.

LSA intra-Área: Exemplo (2)



- Router LSA (Type=1 *no header*) enviado pelo router RT3 para a Área 0

0	8	16	24	31
Link State Age = 0				Options = T, E
Type = 1				
Link State ID = 192.1.1.3				
Advertising Router = 192.1.1.3				
Link State Sequence Number = 123457				
Checksum			Length =288	
Zero	0	0	B	Zero
Number of Links = 1				
Link ID = 18.10.0.6				
Link Data = 0.0.0.3				
Type = 1		Number of TOS = 0		TOS 0 Metric = 8

- O *router* 192.1.1.3 é ABR e, na área 0, tem apenas uma ligação ponto-a-ponto não numerada ao *router* 18.10.0.6 através da interface 0.0.0.3 (ifIndex) com um custo de 8.
- O RT3 ser ABR apenas tem influência nos *network-LSA*.



LSA intra-Área: Exemplo (3)

- Router-LSA enviado pelo router RT3 para a Área 1

0				8				16				24				31							
Link State Age = 0								Options = T, E								Type = 1							
Link State ID = 192.1.1.3																							
Advertising Router = 192.1.1.3																							
Link State Sequence Number = 123456																							
Checksum								Length =384															
Zero		0	0	B	Zero				Number of Links = 2														
Link ID = 192.1.1.4																							
Link Data = 192.1.1.3																							
Type = 2				Number of TOS = 0				TOS 0 Metric = 1															
Link ID = 192.1.4.0																							
Link Data = 255.255.255.0																							
Type = 3				Number of TOS = 0				TOS 0 Metric = 2															

- O router 192.1.1.3 é ABR e tem duas ligações na área 1:
 - À rede de trânsito 192.1.1.0 que tem como DR 192.1.1.4 (o qual, como DR, gerará um *network-LSA*) e a quem acede através da interface 192.1.1.3 com um custo de 1.
 - À rede *stub* 192.1.4.0 que tem máscara de rede 255.255.255.0 com um custo de 2.



LSA intra-Área: Exemplo (4)

- *Network-LSA* enviado pelo router RT4 para a Área 1

0	8	16	24	31
Link State Age = 0		Options = T, E		Type = 2
Link State ID = 192.1.1.4				
Advertising Router = 192.1.1.4				
Link State Sequence Number = 98765				
Checksum		Length = 320		
Network Mask = 255.255.255.0				
Attached Router = 192.1.1.4				
Attached Router = 192.1.1.3				
Attached Router = 192.1.1.5				

- O *router* 192.1.1.4 é DR da rede 192.1.1.0 (máscara 255.255.255.0) e tem mais dois *routers* na rede: 192.1.1.3 e 192.1.1.5

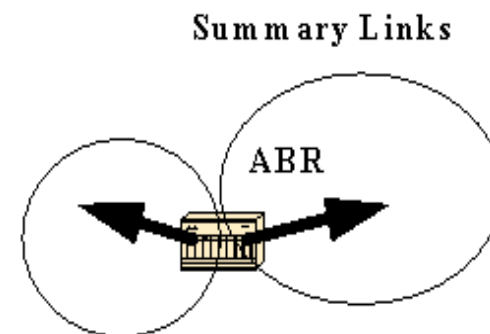
OSPF – Open Shortest Path First



- Fundamentos
- Áreas
- Comunicação entre routers OSPF
- Vizinhos, Adjacências e *Designated Routers*
- Bases de dados de LSAs: Sincronização e Flooding
- Rotas intra-área
- Rotas inter-área
- Rotas inter-AS
- Exemplos: rotas intra-área
- Exemplos: rotas inter-área

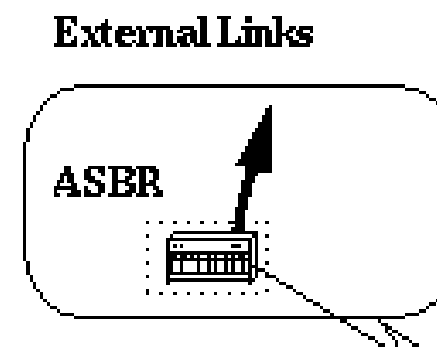
- **Type 3 e 4 - Summary LSA**

- Gerados pelos ABR
- Descreve as rotas de outra área (3),
sumarizadas ou não, ou a existência de
ASBR noutra área (4)
 - tipo, endereço, custos
- Propagado dentro da área
- Não entra para o algoritmo Dijkstra



- **Type 5 – AS-external LSA**

- Gerado pelos ASBR
- Descreve sumário de destinos exteriores
 - tipo, endereços de rede, custos
- Propagado dentro do Sistema Autónomo
- Não entra para o algoritmo Dijkstra



Ligações virtuais (*Virtual links*)



- Suportados sobre túneis IP que atravessam uma área (e apenas uma)
- Permitem a ligação entre uma área e a área 0 através de outra área intermédia
- Podem ser configuradas ligações virtuais entre quaisquer *dois routers de fronteira (ABR)* que tenham interfaces numa área que não seja de *backbone*.
- O protocolo trata os dois *routers* ligados por uma ligação virtual como se eles estivessem ligados através de uma ligação ponto-a-ponto não numerada.
- O tráfego do protocolo de *routing* que flui ao longo da ligação virtual utiliza *routing* intra-área.

ABR – Area Border Router



- Liga uma Área X ao *Backbone* (Área 0)
- Fluxo de LSA: **Área X » Backbone**
 - Gera LSA tipo 3 com informação dos LSA tipo 1 e 2 locais (sumarização se configurada)
 - Gera LSA tipo 4 por cada LSA tipo 5 dum ASBR local
 - Propaga os LSA tipo 5
- Fluxo de LSA: **Backbone » Área X**
 - Gera LSA tipo 3 com informação dos LSA tipo 1 e 2 locais (sumarização se configurada)
 - Gera LSA tipo 4 por cada LSA tipo 5 dum ASBR local
 - Propaga os LSA tipo 5 (dar a conhecer as rotas para redes exteriores à rede X)
 - Propaga os LSA tipo 4 gerados por ABR de outras áreas (dar a conhecer a localização dos ASBR)
 - Propaga os LSA tipo 3 gerados por ABR de outras áreas (dar a conhecer as rotas para as redes das outras áreas à rede X)

LSA inter-Área: Summary-LSA



- ABR descreve rotas (sumarizadas ou não) da área vizinha [Type=3] ou a existência de ASBR na área vizinha [Type=4]

LS age	Options	LS Type
Link-State ID		
Advertising Router ID		
LS Sequence Number		
LS Checksum		Length
Network Mask		
TOS	Metric	

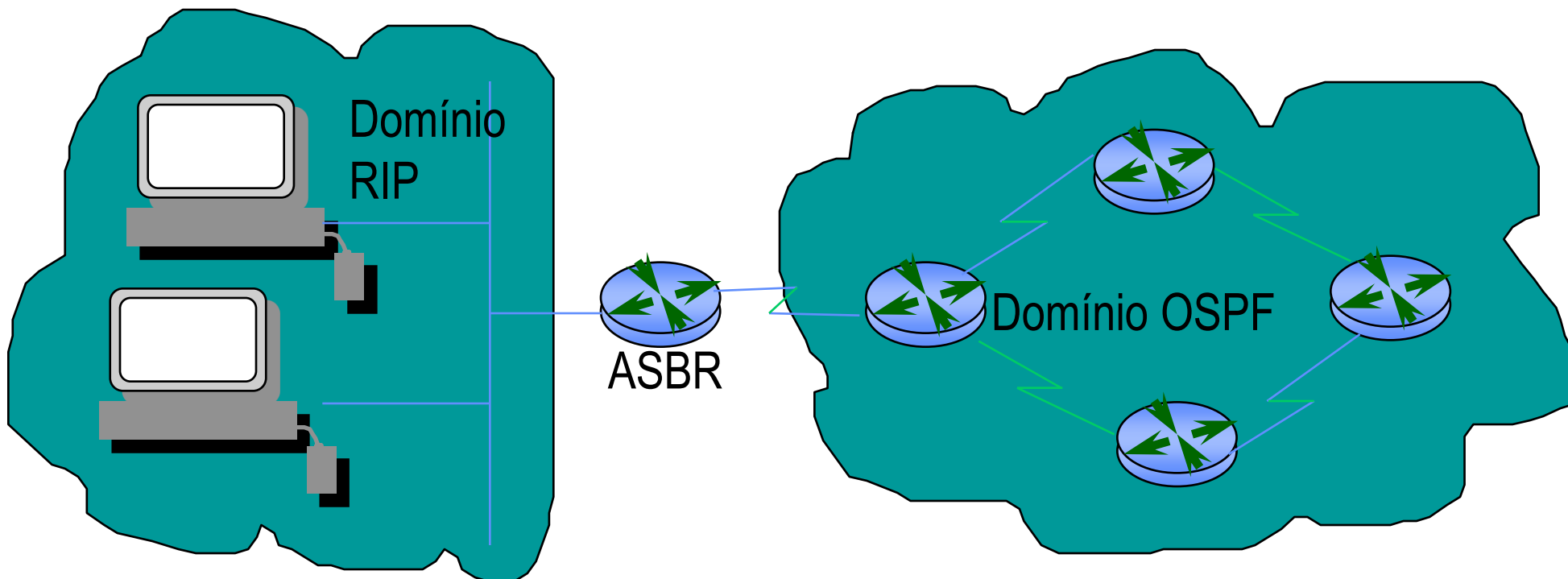
- **Link State ID** - Endereço de destino anunciado (tipo 3 – endereço IP da rede anunciada; tipo 4 – router ID do ASBR anunciado)
- **Network Mask** - Máscara de rede para o endereço de destino anunciado (Tipo 3): não tem significado e deve ser 0 no tipo 4
- **TOS e Metric** - TOS e custo associado ao endereço de destino

OSPF – Open Shortest Path First



- Fundamentos
- Áreas
- Comunicação entre routers OSPF
- Vizinhos, Adjacências e *Designated Routers*
- Bases de dados de LSAs: Sincronização e Flooding
- Rotas intra-área
- Rotas inter-área
- Rotas inter-AS
- Exemplos: rotas intra-área
- Exemplos: rotas inter-área

Redistribuição de rotas



O *router* ASBR redistribui RIP no OSPF e vice-versa

Informação externa de *routing* (AS-external-LSA)

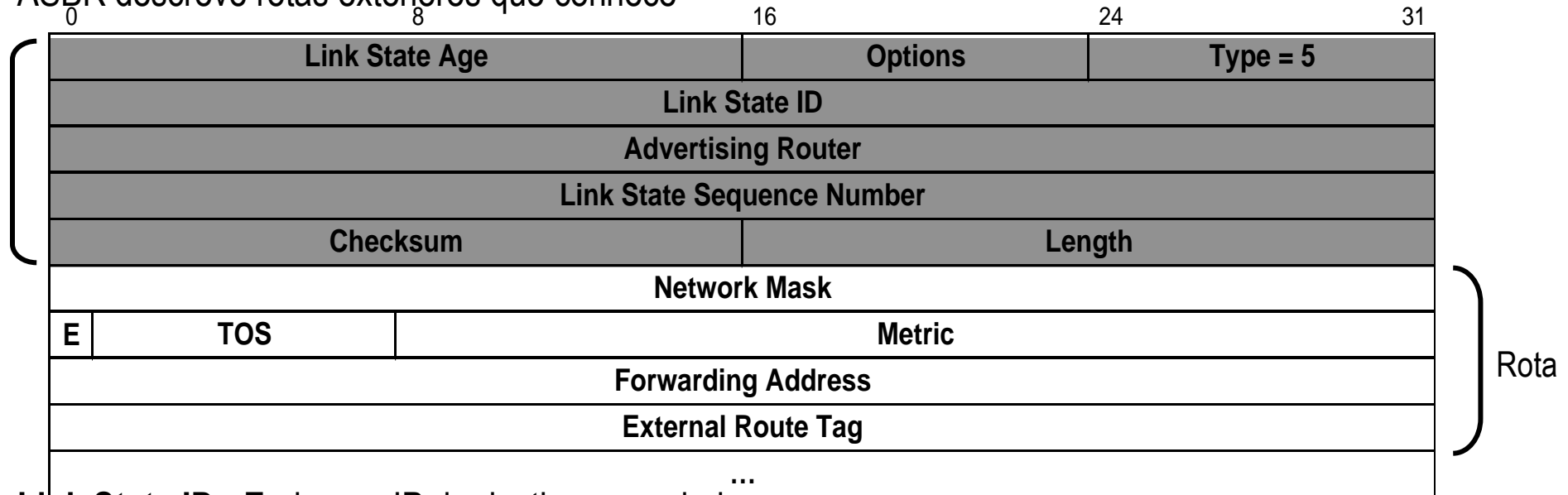


- Depois de criada a árvore é examinada a informação externa.
 - Informação obtida de protocolos externos, rotas estáticas e caminhos por omissão.
- A informação externa de encaminhamento é publicitada (*flooded*) a todo o sistema autónomo sem alteração.
- O OSPF suporta dois tipos de métricas externas:
 - **Tipo 1** – Expressas nas mesmas unidades dos custos das interfaces OSPF. Esta métrica soma à “distância” até ao *router* que dá acesso ao exterior.
 - **Tipo 2** – As métricas são consideradas uma ordem de magnitude superiores.

LSA inter-Área: AS-external-LSA



- ASBR descreve rotas exteriores que conhece



- Link State ID** - Endereço IP do destino anunciado
- Network Mask** - Máscara de rede para o endereço de destino anunciado
- E** - Tipo de métrica externa (1 ou 2)
- TOS e Metric** - TOS e custo associado ao endereço de destino
- Forwarding Address** – Endereço do *router* para encaminhar para o destino anunciado ou 0 (próprio)
- External Route Tag** - Para transportar informação dos protocolos de EGP

Informação externa de *routing*

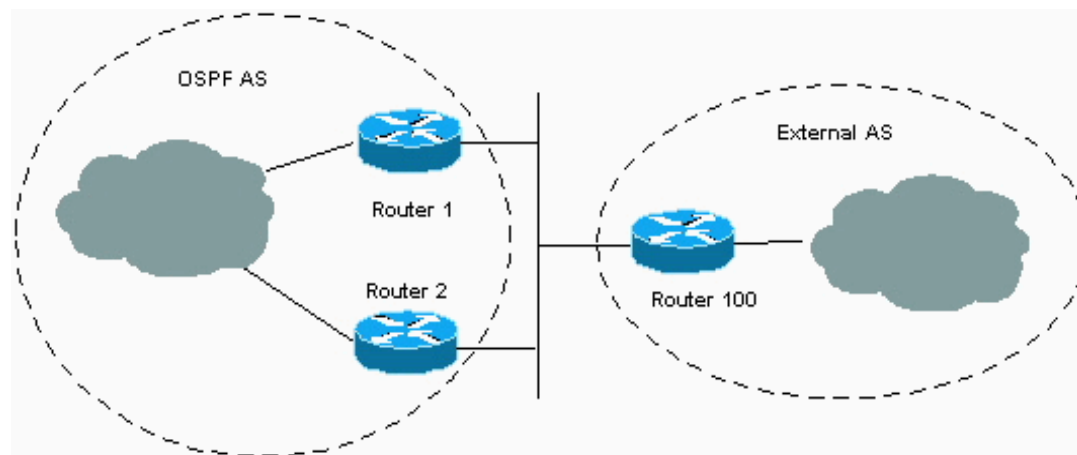


- Se um *router* ASBR anunciar um destino **Tipo 1** a decisão é tomada considerando o caminho até ao ASBR que o anuncia somado ao caminho interno dentro sistema autónomo.
- Se um ASBR anuncia um destino **Tipo 2** a decisão é tomada considerando apenas o valor anunciado. O custo do caminho interno no AS não é considerado.
- No encaminhamento dentro das áreas os pacotes são encaminhados com base em informação obtida dentro da área;
 - Não pode ser utilizada informação para encaminhamento obtida fora da área.
- Isto protege o encaminhamento dentro da área da injeção de informações erradas.

“*Forwarding address*”



- Suponha-se que apenas R1 comunica com R100.
- Ao anunciar a essa rota, o R2 irá enviar todo o tráfego para R1
- Ao utilizar o campo *forwarding address* R1 pode fornecer o endereço de R100 directamente
- Isto permite que R2 envie o tráfego directamente para R100
 - Poupa-se um *hop*
- R1 é o ***advertising router***



“*Forwarding address*”: *Route servers*



- Um *router* pode tornar-se um “*route server*” através de configuração de rotas estáticas e de aquisição de protocolos de *routing* externos.
- Esse *router* pode anunciar-se a si próprio como ASBR e gerar um conjunto de *AS-external-LSA*
- Em cada *AS-external-LSA* o *router* pode assim especificar o ponto de saída correcto do AS para determinados destinos através da afectação do campo “*forwarding address*” nos LSA.

OSPF – Open Shortest Path First



- Fundamentos
- Áreas
- Comunicação entre routers OSPF
- Vizinhos, Adjacências e *Designated Routers*
- Bases de dados de LSAs: Sincronização e Flooding
- Rotas intra-área
- Rotas inter-área
- Rotas inter-AS
- Exemplos: rotas intra-área
- Exemplos: rotas inter-área

Representação de *routers* e de redes



- A *link state database* descreve um grafo orientado:
 - **Vértices:** Representam os *routers* e as redes. Existem três tipos de vértices: *Router*, rede de trânsito e rede *stub*. Apenas os dois primeiros podem transportar tráfego.
 - **Arcos:** Ligam um *router* a uma rede e indicam que esse *router* tem uma interface ligada a essa rede; ligam dois *routers* e indicam que eles têm uma ligação ponto-a-ponto.

Representação de *routers* e de redes



- As redes podem ser redes de trânsito ou redes *stub*.
 - **Redes de trânsito:** São capazes de transportar tráfego que não é local - origem e destino externos. Uma rede de trânsito é representada por um vértice do grafo que possui arcos de entrada e de saída.
 - **Redes *stub*:** Possuem apenas um arco de entrada. Transportam apenas tráfego local, isto é só transporta tráfego com origem ou destino locais.

Grafo directo representativo da rede



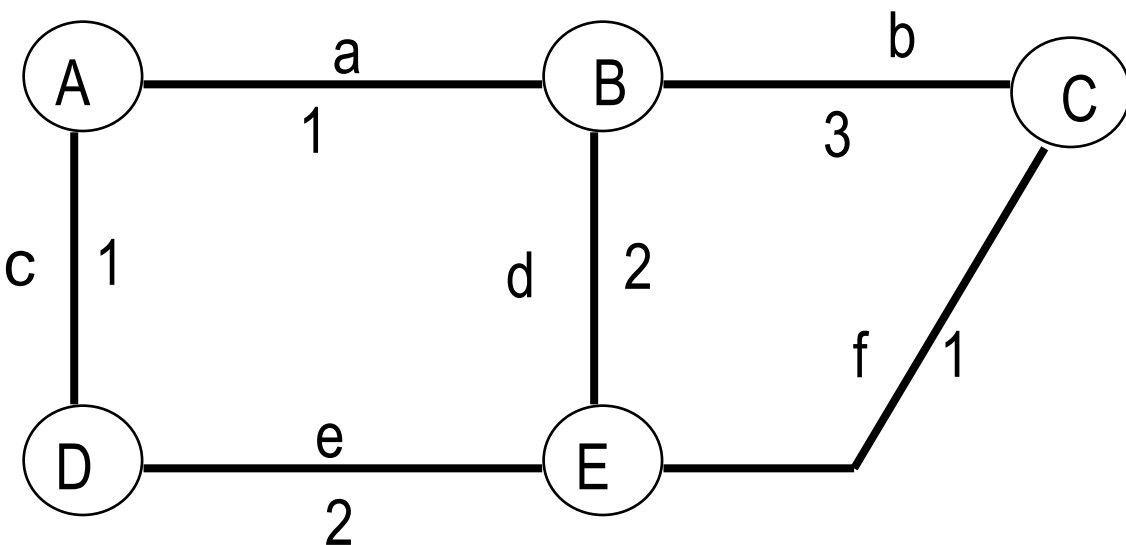
- Redes e *routers* são representados por vértices.
- Um arco de custo x ligando um vértice A a um vértice B representa um ligação física ponto-a-ponto. Os arcos são unidireccionais – uma ligação bidireccional implica dois arcos.
- Um arco ligando um *router* a uma rede indica que esse *router* tem uma interface nessa rede.
- A vizinhança de cada nó da rede no grafo depende do tipo de rede (ponto-a-ponto, *broadcast*, NBMA ou ponto-a-multiponto) e do número de *routers* com interfaces ligadas à rede.
- Todas as redes dum grafo têm associados um endereço IP e uma máscara.

Grafo de adjacências: redes NBMA



- O OSPF suporta redes sem *broadcast* de uma de duas formas: NBMA ou ponto-a-multiponto. A escolha do modo determina a forma como o protocolo Hello e o *flooding* funcionam sobre a rede sem *broadcast* e a forma como a rede é representada na base de dados da topologia.
- **Modo NBMA:** O OSPF emula o funcionamento sobre uma rede com *broadcast*. É eleito um DR e o DR envia um LSA para a rede. Tem, no entanto, uma restrição: Requer que todos os routers ligados à rede NBMA sejam capazes de comunicar directamente. A representação no grafo é idêntica para NBMA e BMAs.
- **Modo ponto-a-multiponto:** O router trata todas as ligações entre routers através da rede sem broadcast como se elas fossem ligações ponto-a-ponto. Não é eleito um DR para a rede nem é gerado um LSA para a rede. Na representação gráfica da base de dados da topologia os *routers* que podem comunicar directamente através da rede ponto-a-multiponto são ligados por arcos bidireccionais tendo cada *router* também uma ligação *stub* ao endereço da sua própria interface, o que não se passa nas ligações ponto-a-ponto.

Exemplo, simplificado, de uma *Link State Database*



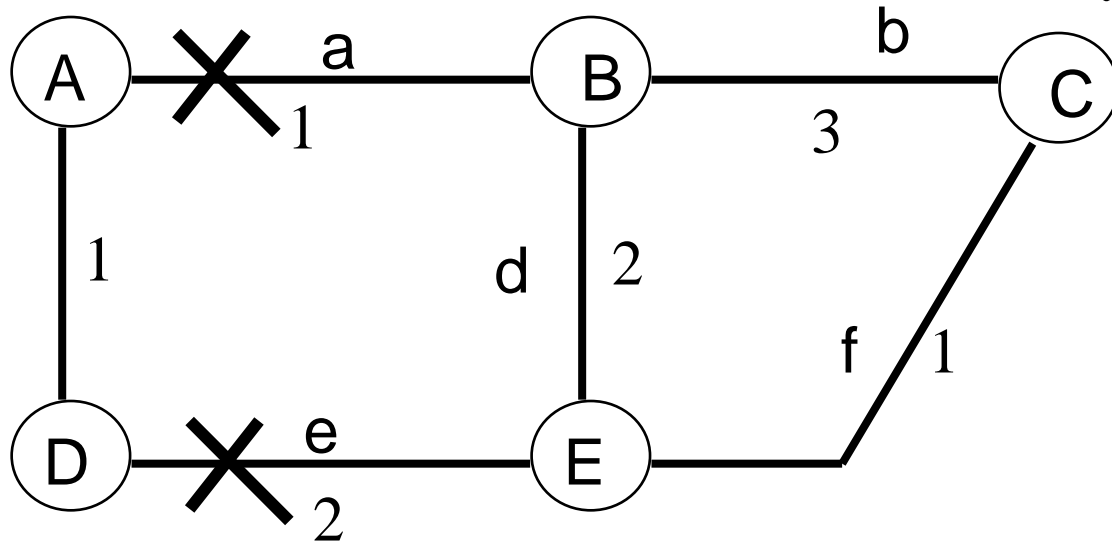
De	Para	Ligação	Custo	Número de sequência do LSA
A	B	a	1	2
A	D	c	1	2
B	A	a	1	2
B	C	b	3	1
B	E	d	2	2
C	B	b	3	1
C	E	f	1	1
D	A	c	1	2
D	E	e	2	1
E	B	d	2	2
E	C	f	1	1
E	D	e	2	1

Link-state advertisements (LSA)

De A para B, Ligação “a”, Custo = 1, NSeq LSA = 2



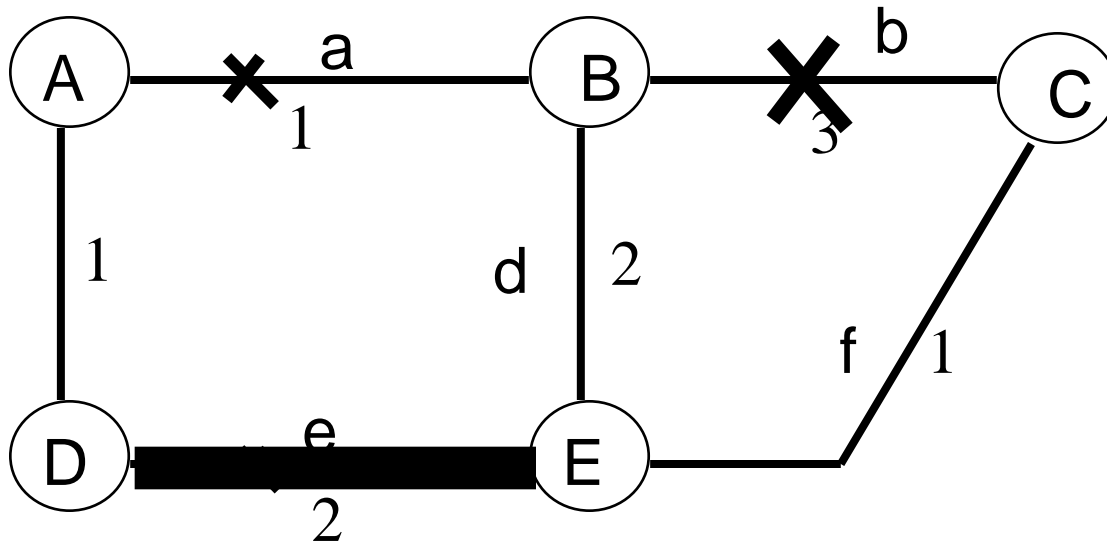
Caso de falha na ligação



- No caso da ligação “a” falhar os *routers* A e B enviam informação (LSA) a todos os outros *routers* sobre a alteração do estado da ligação “a”. Todos os *routers* terão de calcular de novo a árvore dos caminhos mais curtos para restabelecerem as ligações.
- O mesmo se passa com os *routers* D e E se a ligação “e” falhar.
- No caso da rede ser dividida as bases de dados de cada parte ficarão diferentes.



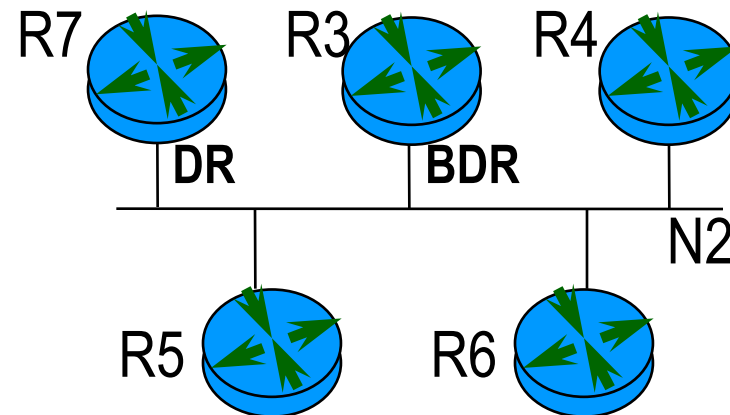
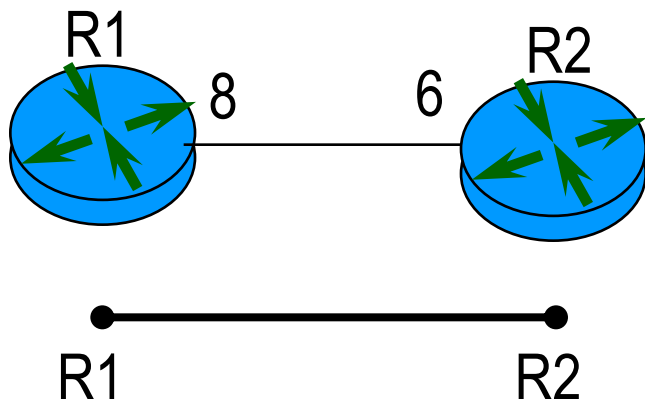
Rede segmentada



- Se “b” for abaixo, A e D não receberão o LSA e as suas bases de dados ficarão diferentes em relação às existentes em B, C e E.

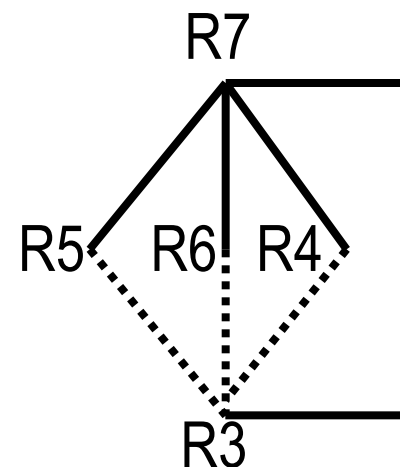
- Quando “e” vier acima as bases de dados dos *routers* têm de se sincronizar. A este processo chama-se refazer a adjacência.

Grafo de adjacências



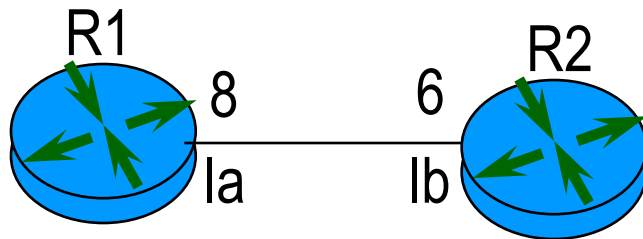
Em redes físicas **ponto-a-ponto**, **ponto-a-multiponto** e **ligações virtuais** os *routers* vizinhos tornam-se adjacentes sempre que puderem comunicar directamente.

Em redes **BMA** e **NBMA** apenas o BDR e o DR se tornam adjacentes de todos os outros *routers* ligados à mesma rede.





Representação de *routers* e redes numa tabela



De:

Para:

	R1	R2
R1		X
R2	X	
la		X
lb	X	

Rede ponto-a-ponto

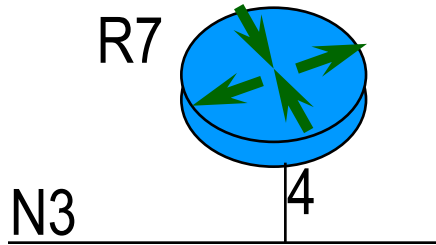
Interfaces para redes ponto-a-ponto não necessitam que lhes sejam atribuídos endereços IP.

Quando são atribuídos endereços às interfaces elas devem ser representadas como redes *stub*, com cada *router* a publicitar uma ligação do tipo *stub* ao endereço da interface do outro *router*.

Opcionalmente uma subrede IP pode ser atribuída à rede ponto-a-ponto. Neste caso ambos os *routers* devem publicitar uma ligação *stub* à subrede IP em vez de publicitarem os endereços mútuos.



Representação de *routers* e redes numa tabela



Neste caso existe apenas um arco do *router* para a rede.

De:

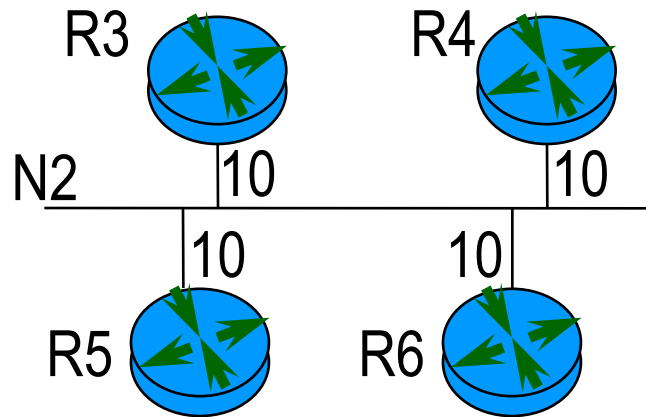
	R7 N3
R7 N3	X

Para:

Rede *stub*



Representação de *routers* e redes numa tabela



De:

Para:

	R3	R4	R5	R6	N2
R3					X
R4					X
R5					X
R6					X
N2	X	X	X	X	

Rede BMA ou NBMA

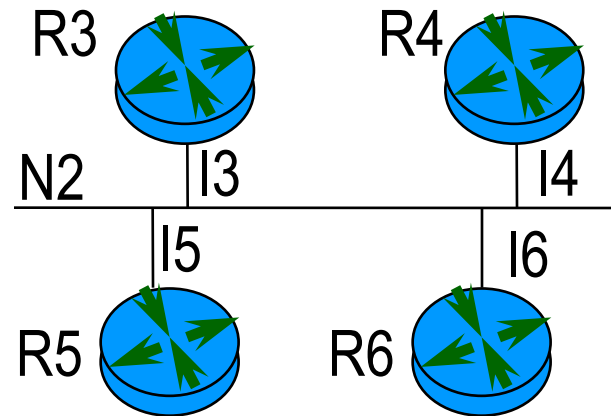
Quando vários *routers* estão ligados a uma rede com suporte de *broadcast* o grafo da base de dados mostra os *routers* ligados bidirecionalmente ao vértice da rede.

Cada rede (*stub* ou trânsito) no grafo tem um endereço IP e uma máscara associada.

Máquinas ligadas directamente a *routers* aparecem no grafo como redes *stub*. A máscara é sempre 255.255.255.255 a qual indica a presença de apenas um único nó.



Representação de *routers* e redes numa tabela



Rede ponto-a-multiponto

De

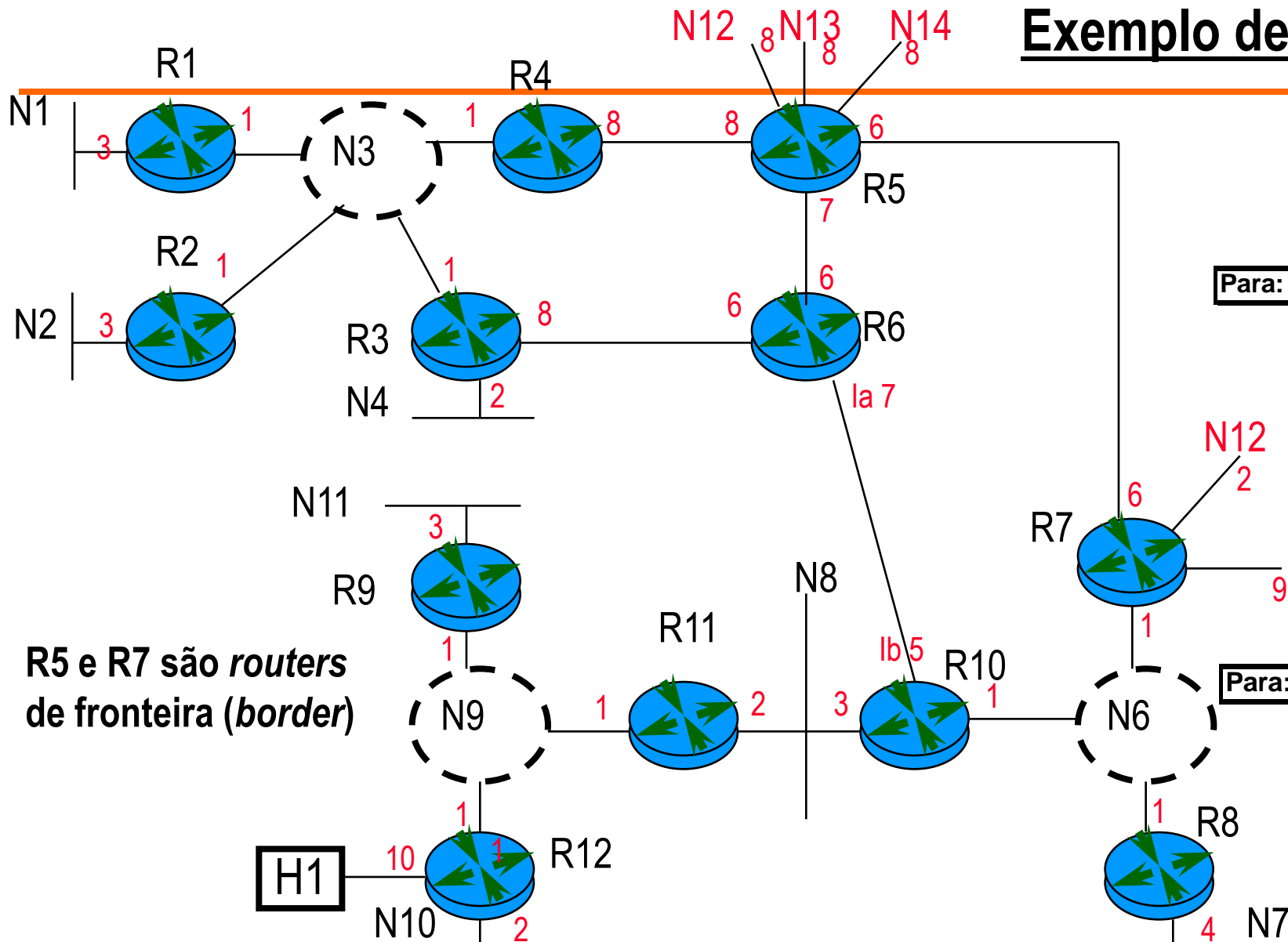
	R3	R4	R5	R6
R3		X	X	X
R4	X			X
R5	X			X
R6	X	X	X	
I3	X			
I4		X		
I5			X	
I6				X

Para

Todos os *routers* podem comunicar directamente através de N2, excepto os *routers* R4 e R5. I3 a I6 indicam os endereços IP das interfaces.



Exemplo de um AS



Exemplos

		De:			
		R12	N9	N10	H1
Para:	R12				
	N9	1			
	N10	2			
	H1	10			

Router-LSA do R12

		De:			
		R9	R11	R12	N9
Para:	R9				0
	R11				0
	R12				0
	N9				

Network-LSA da N9
(Enviado pelo DR da N9)



Grafo directo resultante

		De:															
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	N3	N6	N8	N9
R1														0			
R2														0			
R3							6							0			
R4						8								0			
R5					8		6	6									
R6				8		7					5						
R7						6									0		
R8															0		
R9																	0
R10							7								0	0	
R11																0	0
R12																	0
N1		3															
N2			3														
N3		1	1	1	1												
N4				2													
N5																	
N6								1	1		1						
N7									4								
N8											3	2					
N9										1		1	1				
N10													2				
N11										3							
N12						8		2									
N13						8											
N14						8											
N15								9									
H1													10				

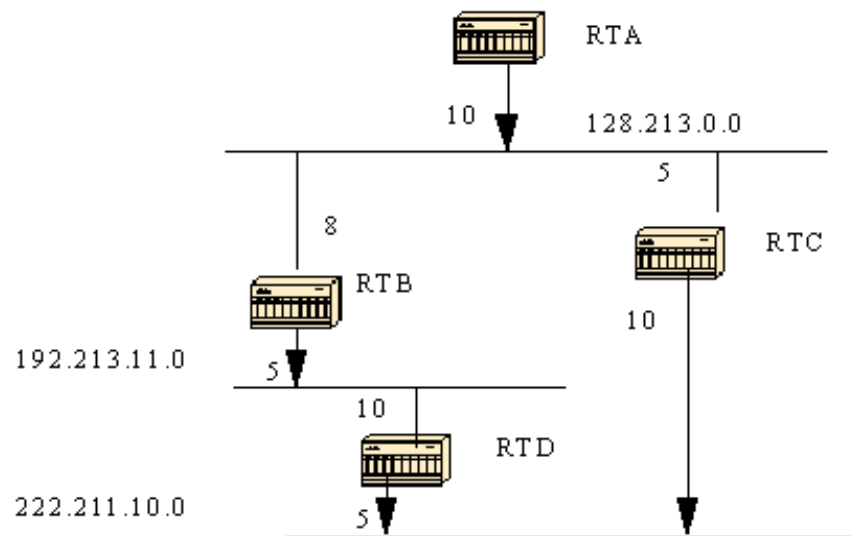
Arcos que estão marcados com um custo 0 (são ligações de rede-router).

Não são indicados nesta tabela os caminhos para as redes externas N12-N15.

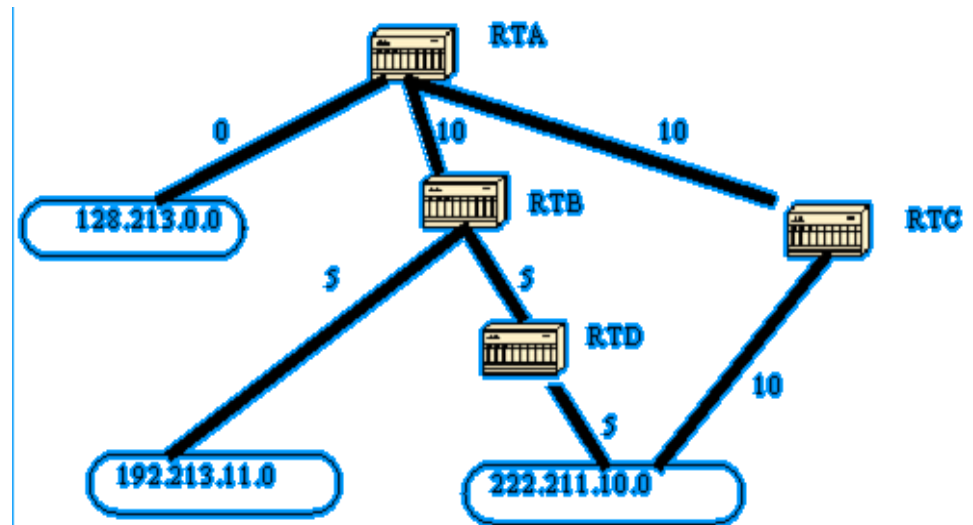
Cálculo dos *Shortest Path Tree*



Cada *router* constrói um grafo da topologia da **área**, baseado na base de dados de LSA, e calcula o caminho mais curto para cada destino utilizando o algoritmo de *Dijkstra* sobre os LSA tipo 1 e 2.

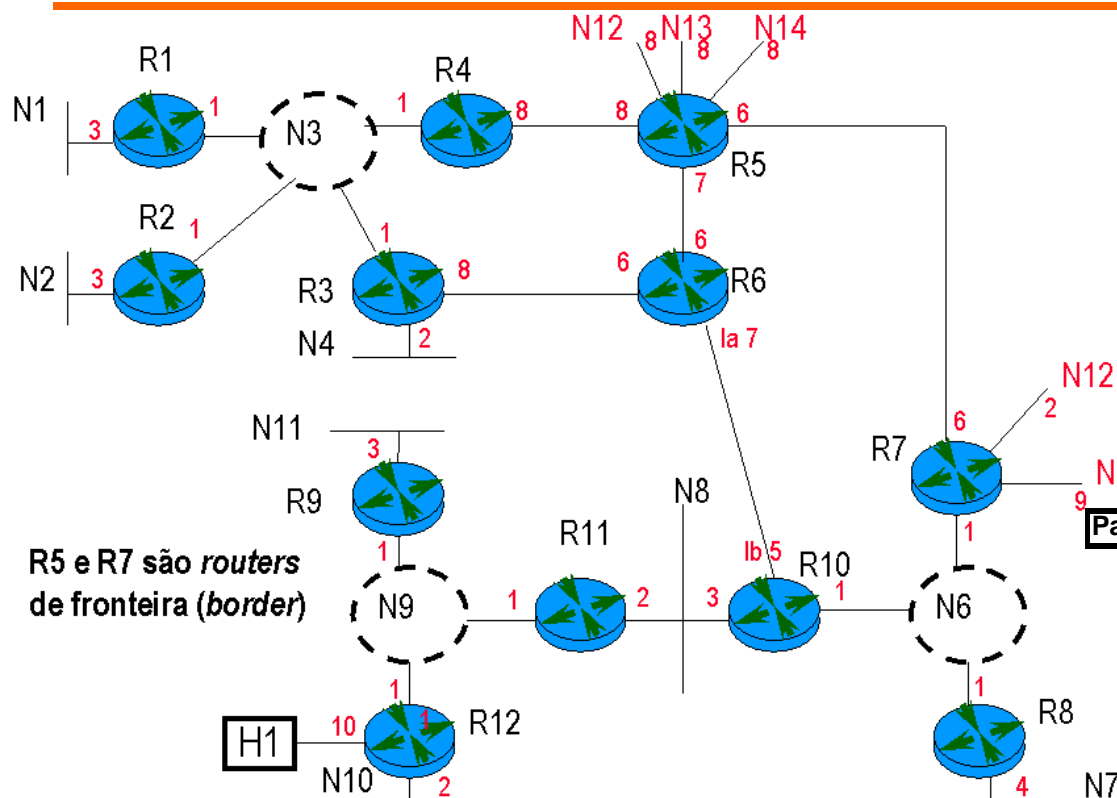


Shortest Path Tree



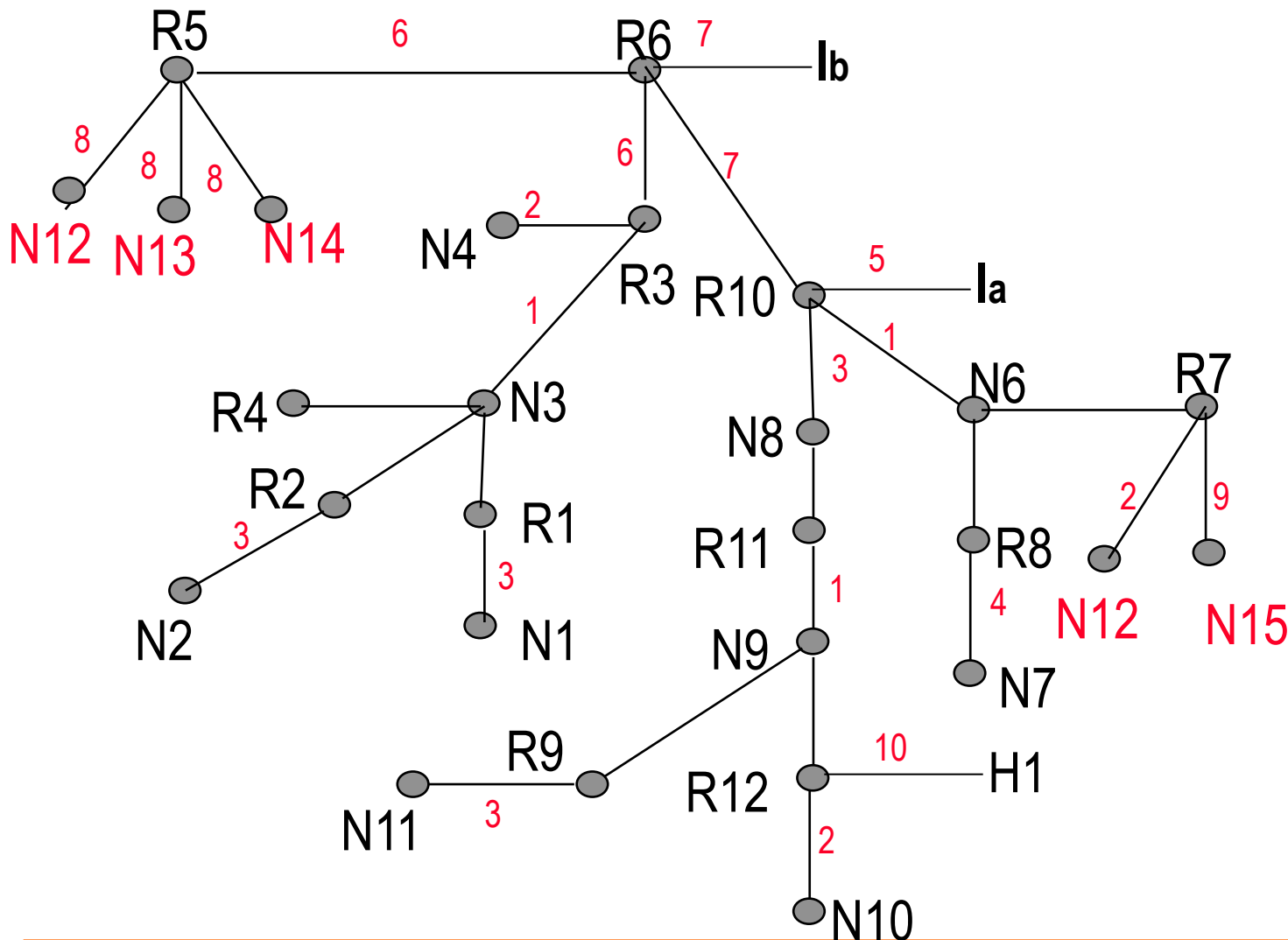
A rede 222.211.10.0 tem dois caminhos a partir de RTA com custos iguais (10). Ambos entram na tabela de *routing* (Cisco).

Rede e tabela representando o grafo



De:																
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	N3	N6	N8	N9
R1													0			
R2													0			
R3						6							0			
R4					8								0			
R5				8		6	6									
R6			8		7					5						
R7					6									0		
R8														0		
R9																0
R10						7								0	0	
R11															0	0
R12																0
N1	3															
N2		3														
N3	1	1	1	1												
N4			2													
N5																
N6							1	1		1						
N7								4								
N8										3	2					
N9									1		1	1				
N10												2				
N11									3							
N12					8		2									
N13					8											
N14					8											
N15							9									
H1												10				

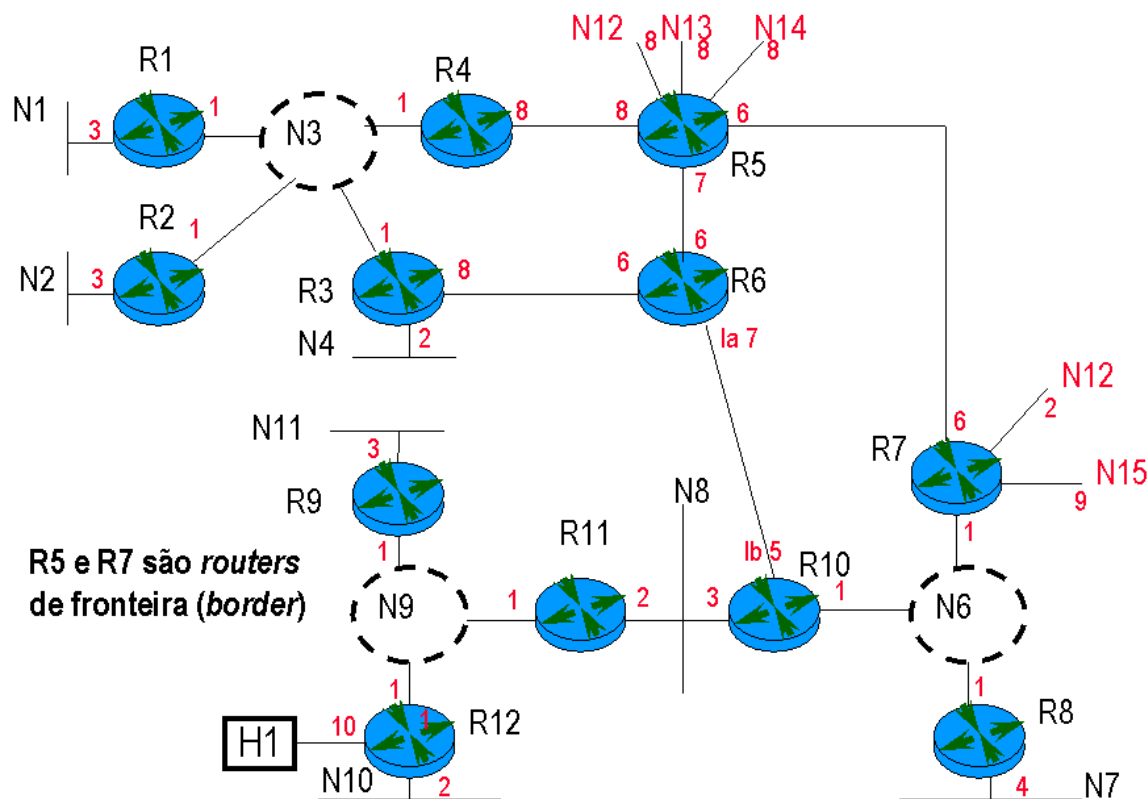
Shortest Path Tree e Tabela de Routing de R6



Destinos locais

Destino	Próximo salto	Distância
N1	R3	10
N2	R3	10
N3	R3	7
N4	R3	8
lb	*	7
la	R10	12
N6	R10	8
N7	R10	12
N8	R10	10
N9	R10	11
N10	R10	13
N11	R10	14
H1	R10	21
R5	R5	6
R7	R10	8

Tabela de *routing* de R6 sem a presença de áreas



Tipo	Destino	Área	Tipo caminho	Custo	Próximo salto	Router anunciante
N	N1	0	intra-área	10	R3	*
N	N2	0	intra-área	10	R3	*
N	N3	0	intra-área	7	R3	*
N	N4	0	intra-área	8	R3	*
N	lb	0	intra-área	7	*	*
N	la	0	intra-área	12	R10	*
N	N6	0	intra-área	8	R10	*
N	N7	0	intra-área	12	R10	*
N	N8	0	intra-área	10	R10	*
N	N9	0	intra-área	11	R10	*
N	N10	0	intra-área	13	R10	*
N	N11	0	intra-área	14	R10	*
N	H1	0	intra-área	21	R10	*
R	R5	0	intra-área	6	R5	*
R	R7	0	intra-área	8	R10	*
N	N12	*	tipo 1 ext.	10	R10	R7
N	N13	*	tipo 1 ext.	14	R5	R5
N	N14	*	tipo 1 ext.	14	R5	R5
N	N15	*	tipo 1 ext.	17	R10	R7

Tabela de *routing* de R6

OSPF – Open Shortest Path First



- Fundamentos
- Áreas
- Comunicação entre *routers* OSPF
- Vizinhos, Adjacências e *Designated Routers*
- Bases de dados de LSA: Sincronização e *Flooding*
- Rotas intra-área
- Rotas inter-área
- Rotas inter-AS
- Exemplos: rotas intra-área
- Exemplos: rotas inter-área

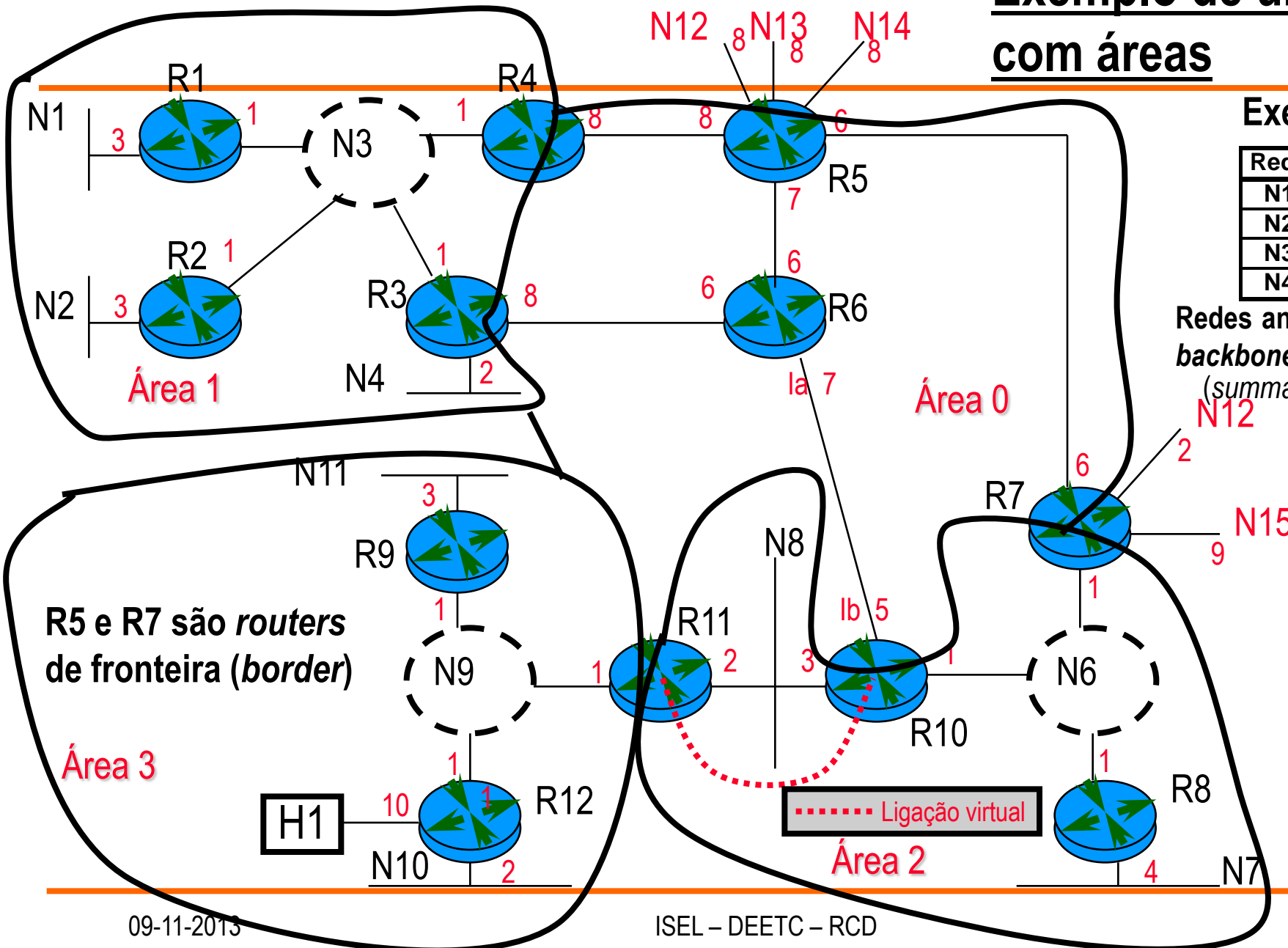
Exemplo de um AS com áreas



Exemplos

Rede	R3	R4
N1	4	4
N2	4	4
N3	1	1
N4	2	3

Redes anunciadas para o backbone por R3 e R4
(summary-LSA type 3)



Base de dados da área 1



De:

	R1	R2	R3	R4	R5	R7	N3
R1							0
R2							0
R3							0
R4							0
R5			14	8			
R7			20	14			
N1	3						
N2		3					
N3	1	1	1	1			
N4			2				
Ia,Ib			20	27			
N6			16	15			
N7			20	19			
N8			18	18			
N9-N11,H1			29	36			
N12					8	2	
N13					8		
N14					8		
N15						9	

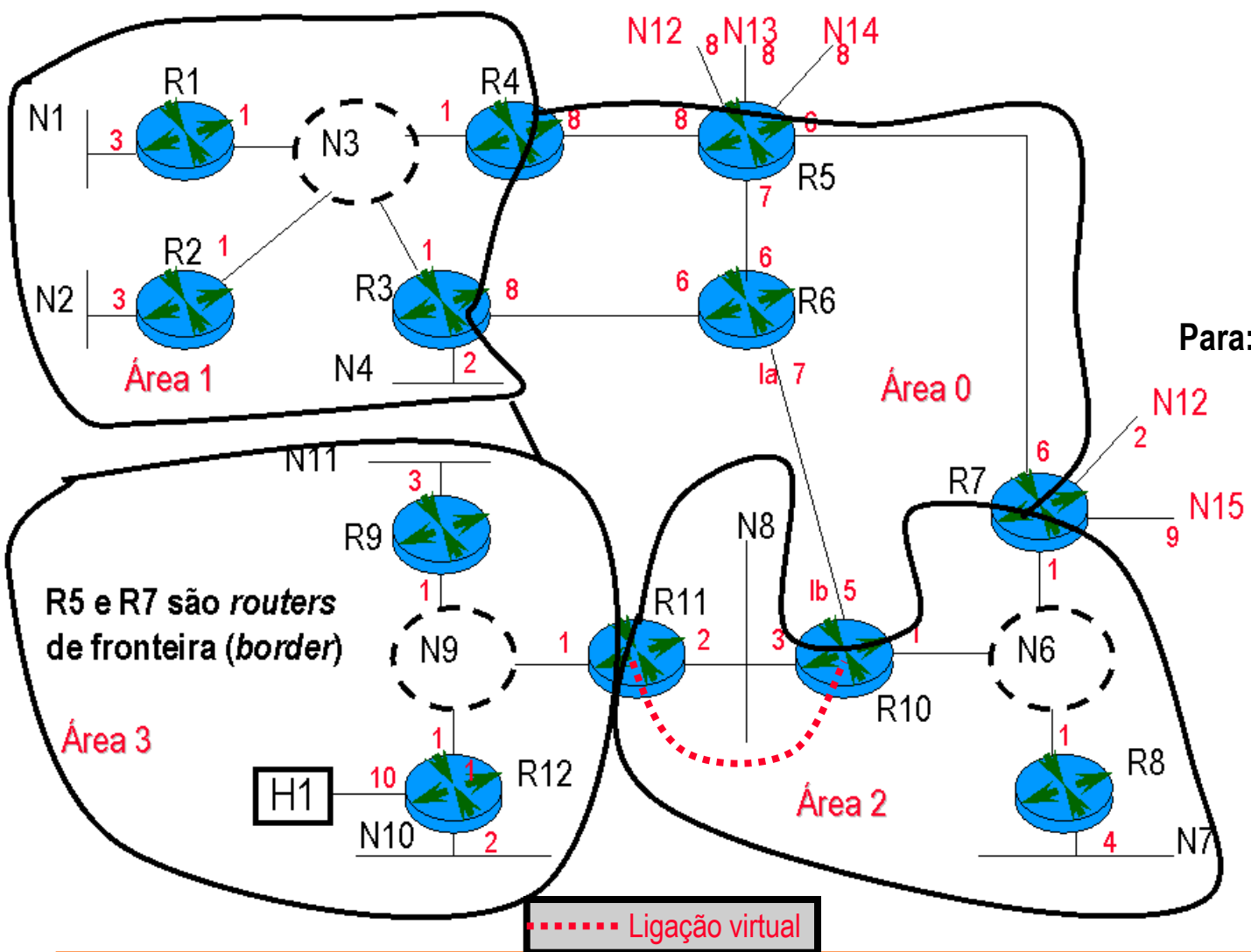
Para:

- É função dos *routers* ABR R3 e R4 anunciar na área 1 todas as distâncias para todos os destinos externos à área 1.
- Também R3 e R4 devem anunciar na área 1 a localização dos ASBR R5 e R7.
 - AS-external-LSA de R5 e R7 são enviados através de todo o AS e, em particular, através da área 1.
 - Estes LSA são incluídos na base de dados da área 1 e contém caminhos para as redes N12 a N15.
- Os *routers* R3 e R4 devem também sumarizar a topologia da área 1 para distribuição no *backbone* (**Nota:** Por omissão não é efectuada sumarização).
 - Os LSA para o *backbone* são mostrados na tabela junto da figura do exemplo anterior.
 - Estes sumários mostram quais as redes que estão contidas na área 1 (redes N1 a N4), e a distância a essas redes dos *routers* R3 e R4 respectivamente.

Base de dados da área 1

Área 3 aparece sumarizada, a métrica (custo) usada é a de maior valor de todas as da área 3.

Base de dados da área 1



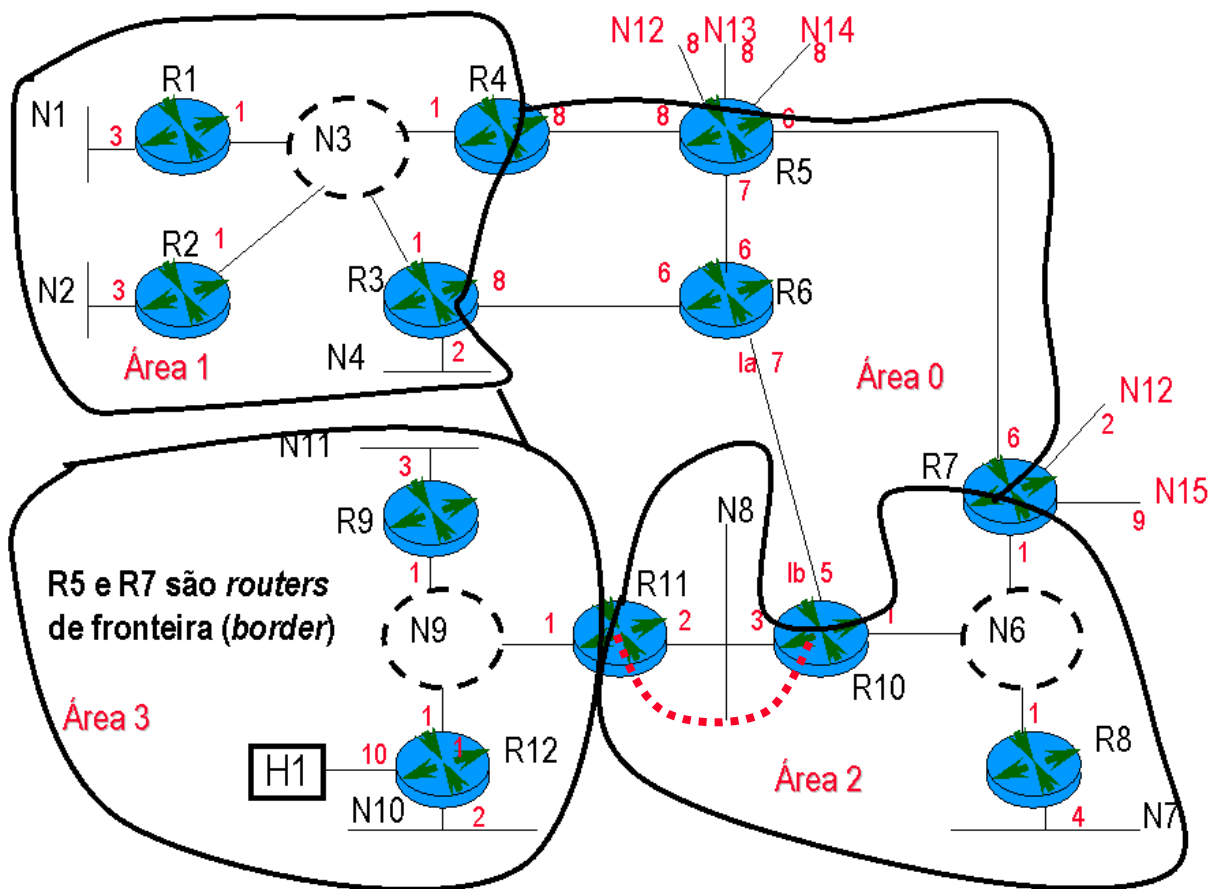
Para:

De:

	R1	R2	R3	R4	R5	R7	N3
R1							0
R2							0
R3							0
R4							0
R5			14	8			
R7			20	14			
N1	3						
N2		3					
N3	1	1	1	1			
N4			2				
la,lb			20	27			
N6			16	15			
N7			20	19			
N8			18	18			
N9-N11,H1			29	36			
N12					8	2	
N13					8		
N14					8		
N15							9

Base de dados da área 1

Base de dados da área 1



Justifique os seguintes valores da tabela:

R3:R7=20; R4:N8=18;

R3:H1=29; R4:H1=36; R4:la=27

Para:

De:

	R1	R2	R3	R4	R5	R7	N3
R1							0
R2							0
R3							0
R4							0
R5			14	8			
R7			20	14			
N1	3						
N2		3					
N3	1	1	1	1			
N4			2				
la,lb			20	27			
N6			16	15			
N7			20	19			
N8			18	18			
N9-N11,H1			29	36			
N12					8	2	
N13					8		
N14					8		
N15						9	

Base de dados da área 1

Base de dados da área de *backbone*

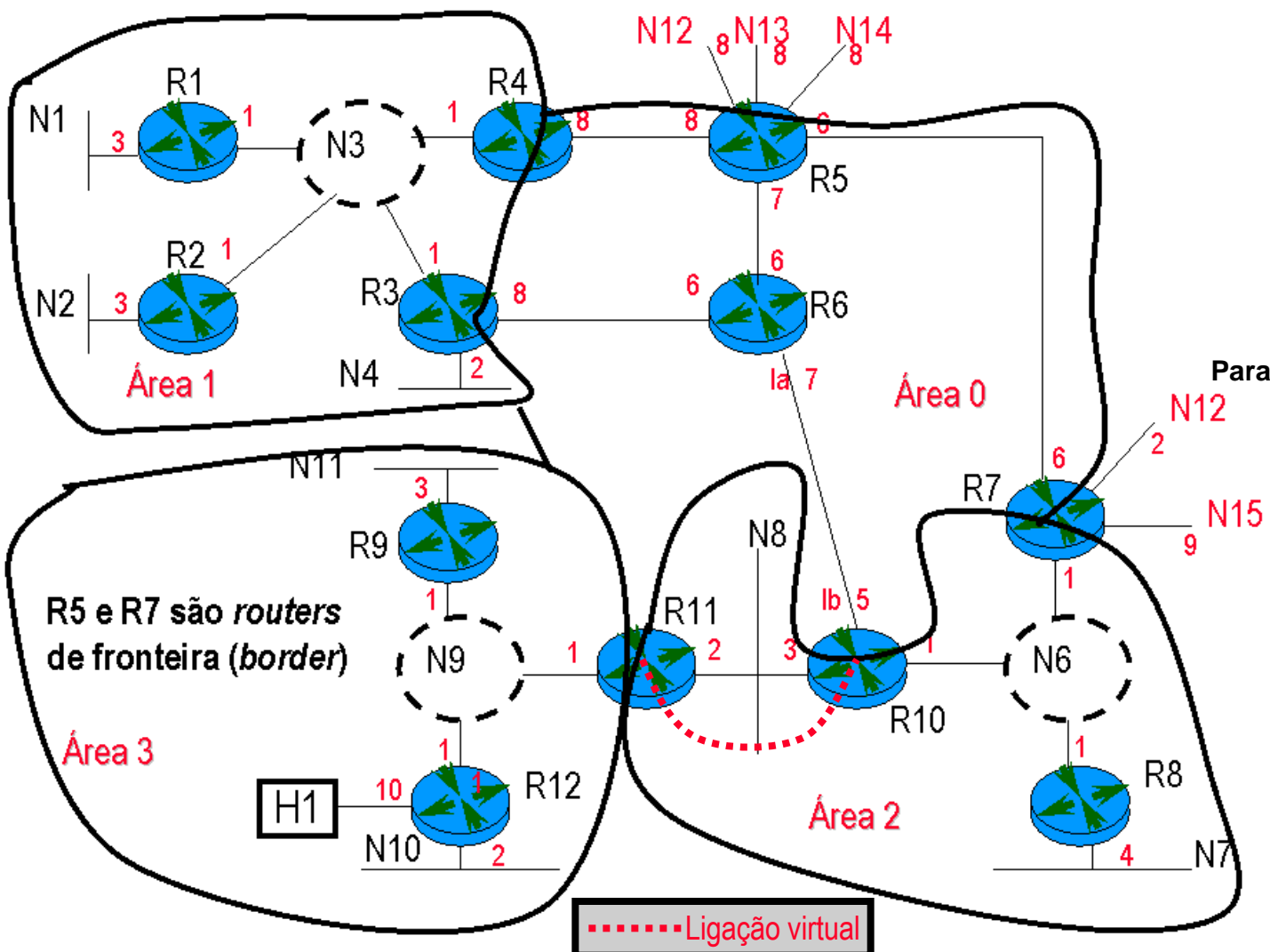


De:		R3	R4	R5	R6	R7	R10	R11
	R3				6			
	R4			8				
	R5		8		6	6		
	R6	8		7			5	
	R7			6				
	R10				7			2
	R11						3	
Para:	N1	4	4					
	N2	4	4					
	N3	1	1					
	N4	2	3					
	la						5	
	lb				7			
	N6					1	1	3
	N7					5	5	7
	N8					4	3	2
	N9-N11,H1							11
	N12			8		2		
	N13			8				
	N14			8				
	N15					9		

Base de dados do *backbone*

- O conjunto de *routers* da área 0 são os *backbone routers*.
 - O *router* R11 é um *router* de *backbone* e pertence a duas áreas.
 - Os *routers* R5 e R7 são ASBR a informação obtida externamente também aparece no grafo como *stubs*.
 - De maneira a interligar o *backbone* à área 3 ligaram-se através de um *link* virtual os *routers* R10 e R11.
 - Os *routers* de fronteira (ABR e ASBR) R3, R4, R7, R10 e R11 condensam a informação de encaminhamento das áreas que não são de *backbone* para distribuição através de *backbone*.
- A terceira área foi configurada para condensar as redes N9-N11 e máquina H1 num simples caminho. Isto implica uma única linha na tabela para as rede N9-N11 e máquina H1.

Base de dados da área de *backbone*



Para:

De:

	R3	R4	R5	R6	R7	R10	R11
R3				6			
R4			8				
R5		8		6	6		
R6	8		7			5	
R7			6				
R10				7			2
R11						3	
N1	4	4					
N2	4	4					
N3	1	1					
N4	2	3					
1a						5	
1b				7			
N6					1	1	3
N7					5	5	7
N8					4	3	2
N9-N11,H1							11
N12			8		2		
N13			8				
N14			8				
N15					9		

Base de dados do *backbone*

Cálculo das distâncias no *backbone*



O *backbone* permite a troca de informação sumária entre os ABR. Cada ABR ouve os sumários de todos os ABR de todas as áreas. Formam assim um “mapa” da distância de todas as redes exteriores à sua área examinando os LSA recebidos e adicionando a distância no *backbone* a cada *router* “anunciante”. Usando de novo R3 e R4 como exemplos o procedimento é o seguinte:

- Primeiro calculam o SPF para o *backbone*. Isto fornece a distância a todos os outros ABR. Ficam também a saber a distância a redes (Ia e Ib) e a ASBR (R5 e R7) que pertencem ao *backbone*. Ver tabela de cima.
- A seguir, analisando os sumários dos ABR, R3 e R4 podem determinar a distância de todas as redes exteriores à sua área. Essas distâncias são então anunciadas internamente na área por R3 e R4. Os anúncios realizados por R3 e R4 na área 1 são mostrados na tabela de baixo.

Note-se que a tabela abaixo assume que o limite da área foi configurado para o *backbone* de maneira a agrupar Ia e Ib num simples LSA. A informação importada para a área 1 por R3 e R4 permite a um *router* interno, como R1, escolher um ABR de forma inteligente. R1 usará R4 para o tráfego para N6, R3 para o tráfego para N10 e balanceará o tráfego entre os dois para N8. R1 poderá também determinar desta forma o melhor caminho para os ASBR R5 e R7. Então, analisando os AS-external-LSA de R5 e R7, R1 pode decidir entre R5 e R7 quando pretende enviar tráfego para outro AS (N12–N15). Note-se que a ruptura da ligação entre R6 e R10 fará com que o *backbone* fique desligado. Configurando uma ligação virtual entre R7 e R10 dará ao *backbone* maior resistência a falhas deste tipo.

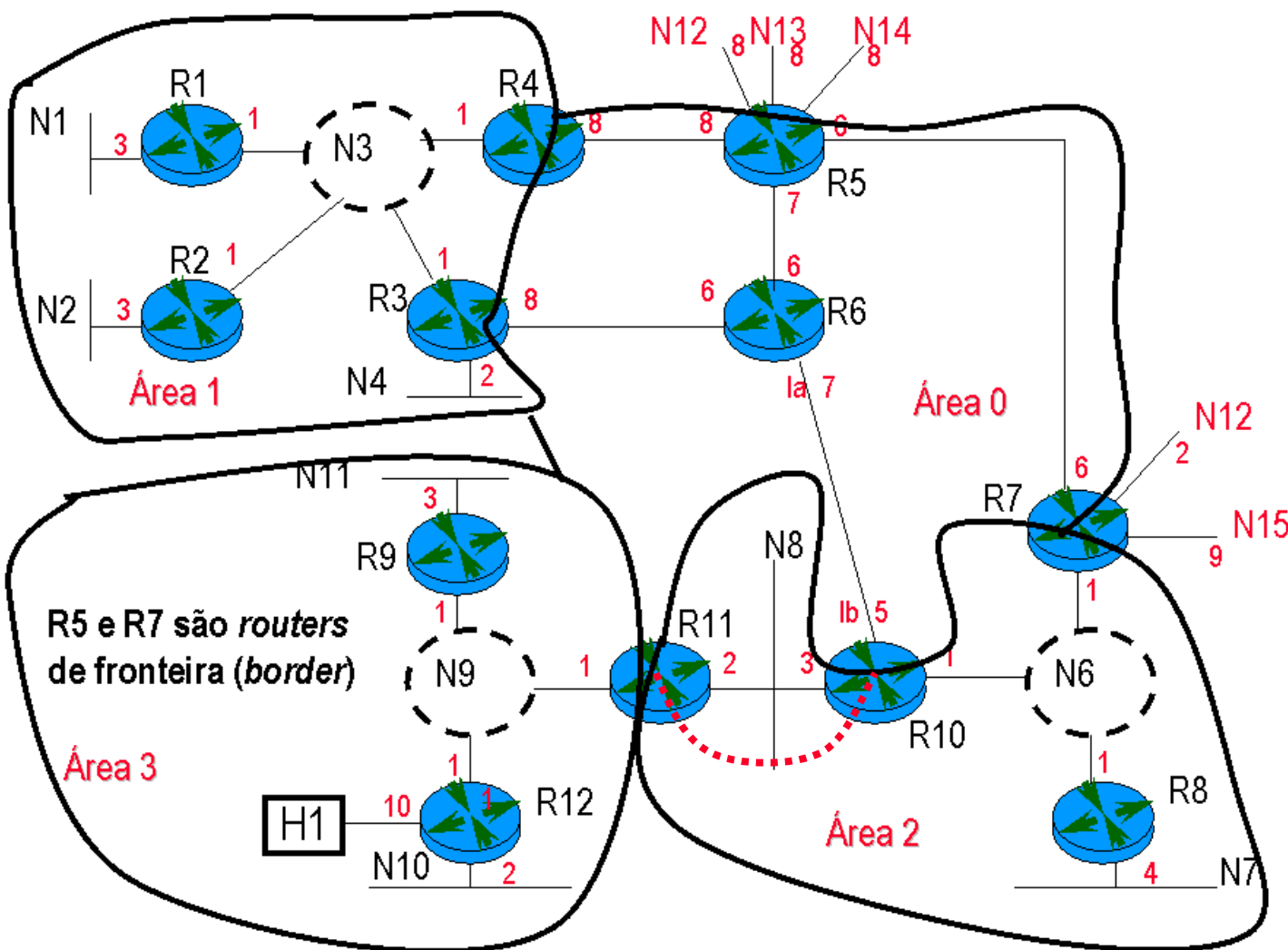
	Distância de R3	Distância de R4
Para R3	*	21
Para R4	22	*
Para R7	20	14
Para R10	15	22
Para R11	18	25
Para Ia	20	27
Para Ib	15	22
Para R5	14	8
Para R7	20	14

Distância no *backbone* calculadas por R3 e R4

Destino	R3 anuncia	R4 anuncia
Ia, Ib	20	27
N6	16	15
N7	20	19
N8	18	18
N9-N11, H1	29	36
R5	14	8
R7	20	14

Destinos anunciados na área 1 por R3 e R4

Cálculo das distâncias no *backbone*



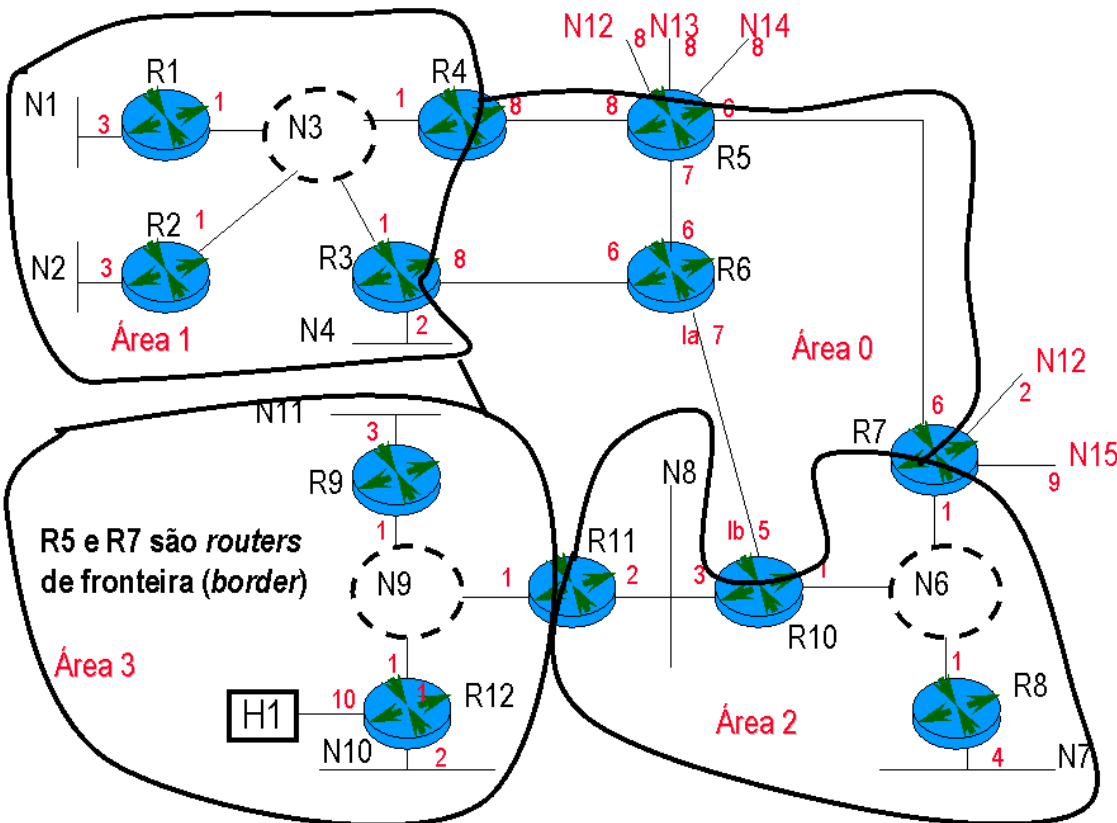
	Distância de R3	Distância de R4
Para R3	*	21
Para R4	22	*
Para R7	20	14
Para R10	15	22
Para R11	18	25
Para Ia	20	27
Para Ib	15	22
Para R5	14	8
Para R7	20	14

Distância no *backbone* calculadas por R3 e R4

Destino	R3 anuncia	R4 anuncia
Ia, Ib	20	27
N6	16	15
N7	20	19
N8	18	18
N9-N11, H1	29	36
R5	14	8
R7	20	14

Destinos anunciados na área 1 por R3 e R4

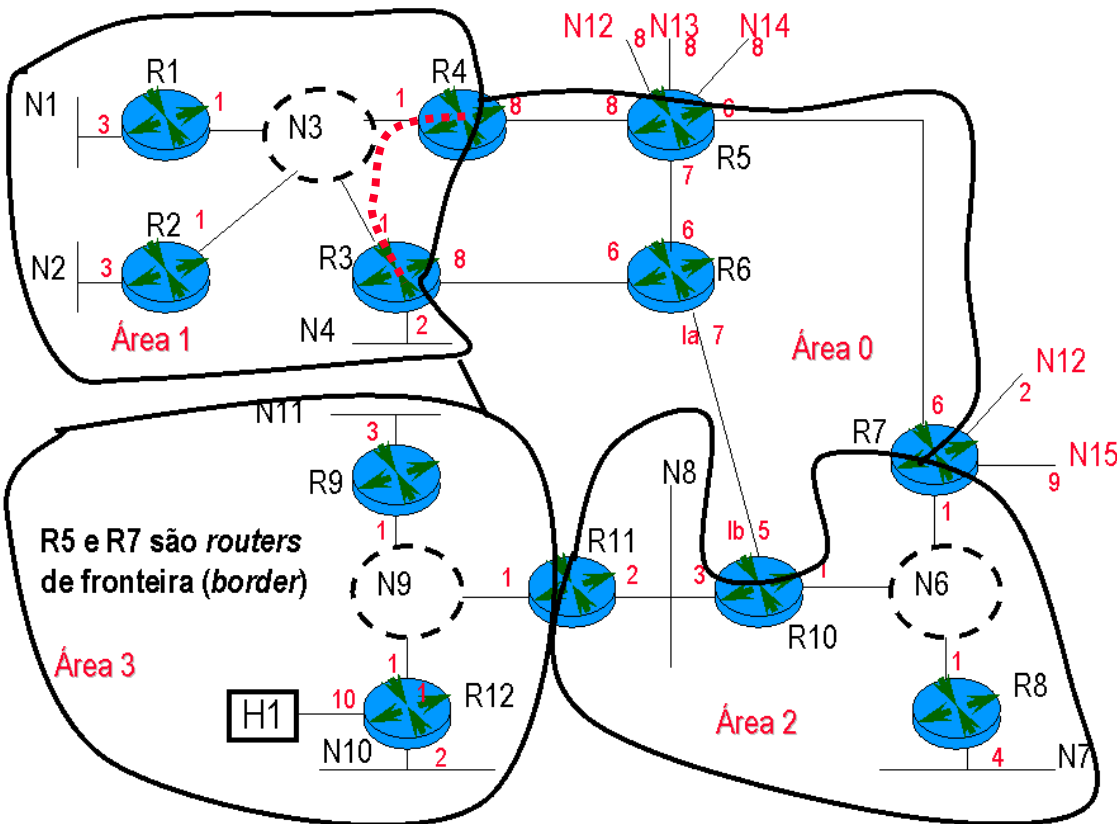
Tabela de *routing* do R4 na presença de áreas



Tipo	Destino	Área	Tipo caminho	Custo	Próximo salto	Router anunciante
N	N1	1	intra-área	4	R1	*
N	N2	1	intra-área	4	R2	*
N	N3	1	intra-área	1	*	*
N	N4	1	intra-área	3	R3	*
R	R3	1	intra-área	1	*	*
N	lb	0	intra-área	22	R5	*
N	la	0	intra-área	27	R5	*
R	R3	0	intra-área	21	R5	*
R	R5	0	intra-área	8	*	*
R	R7	0	intra-área	14	R5	*
R	R10	0	intra-área	22	R5	*
R	R11	0	intra-área	25	R5	*
N	N6	0	inter-área	15	R5	R7
N	N7	0	inter-área	19	R5	R7
N	N8	0	inter-área	18	R5	R7
N	N9-N11,H1	0	inter-área	36	R5	R11
N	N12	*	tipo1 ext.	16	R5	R5, R7
N	N13	*	tipo1 ext.	16	R5	R5, R7
N	N14	*	tipo1 ext.	16	R5	R6
N	N15	*	tipo1 ext.	23	R5	R7

Tabela de *routing* de R4

Tabela de *routing* do R4 na presença de áreas



Alterações resultantes da criação duma ligação virtual entre R3 e R4

Tipo	Destino	Área	Tipo caminho	Custo	Proximo salto	Router anunciante
N	N1	1	intra-área	4	R1	*
N	N2	1	intra-área	4	R2	*
N	N3	1	intra-área	1	*	*
N	N4	1	intra-área	3	R3	*
R	R3	1	intra-área	1	*	*
N	lb	0	intra-área	16	R3	*
N	la	0	intra-área	21	R3	*
R	R3	0	intra-área	1	*	*
R	R5	0	intra-área	8	*	*
R	R7	0	intra-área	14	R5	*
R	R10	0	intra-área	16	R3	*
R	R11	0	intra-área	19	R3	*
N	N6	0	inter-área	15	R5	R7
N	N7	0	inter-área	19	R5	R7
N	N8	0	inter-área	18	R5	R7
N	N9-N11,H1	0	inter-área	30	R3	R11
N	N12	*	tipo1 ext.	16	R5	R5, R7
N	N13	*	tipo1 ext.	16	R5	R5, R7
N	N14	*	tipo1 ext.	16	R5	R6
N	N15	*	tipo1 ext.	23	R5	R7

Tabela de *routing* de R4